

TABAKA ORYANTASYONUNUN TABAKALI AĞAÇ MALZEMELERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Özkan CİRRİK¹, Aydın DEMİR¹, İsmail AYDIN¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, TÜRKİYE
aydindemir@ktu.edu.tr

Özet- Bu çalışmada, tabaka oryantasyonunun tabakalı ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 5 tabakalı kontrplak, micro-lam (LVL), Kerto-Q-LVL ve ortasındaki üç soyma kaplamasının birbirine paralel, dış tabakalara dik olarak yerleştirildiği özel tip kontrplak levhaların üretimi yapılmıştır. Levhaların üretiminde, ağaç türü olarak kavak (*Populus deltoides*), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve ladin (*Picea orientalis* L.) tutkal türü olarak üre formaldehit kullanılmıştır. Üretilen levhaların özgül ağırlıkları TS EN 323-1, çekme makaslama direnci TS EN 314-1, eğilme direnci ve elastikiyet modülü ise TS EN 310 standartlarına göre belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, micro-lam (LVL) levhalardan, en yüksek mekanik direnç değerleri elde edilirken, üretilen özel tip kontrplak levhaların ise en düşük değerler verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- Tabakalı Ağaç Malzeme, Kontrplak, Micro-lam, Kerto-Q-LVL.

THE EFFECT OF LAYER ORIENTATION ON SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LAYERED WOOD MATERIALS

Abstract-In this study, it was investigated that effect of layer orientation on some technological properties of layered wood materials. For this aim, 5-layers plywood, laminated veneer lumber (LVL), Kerto-Q-LVL and special type plywood, which formed three rotary cut veneers in the inner layer parallel to each other, perpendicular to the outer layers, panels were produced. In the production of the panels, poplar (*Populus deltoides*), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and spruce (*Picea orientalis* L.) were used as a wood species, and was used urea formaldehyde as a glue type. Specific gravity, shear strength, bending strength and modulus of elasticity of plywood panels were determined according to TS EN 323-1, TS EN 314-1 and TS EN 310, respectively. As a result of this study, the highest mechanical strength values were found in laminated veneer lumber (LVL) panels, while the lowest value were found in special type plywood panels.

Key Words- Layered Wood Materials, Plywood, Laminated Veneer Lumber, Kerto-Q-LVL.

Bu makale, 4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi'nde sunulmuş ve İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi'nde yayınlanmak üzere seçilmiştir.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanın yaşamında ve kültürünün gelişme sürecinde ahşap ve ahşaptan yapılan ürünler eskiden beri ve günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Ahşabın moleküler, kimyasal, mikroskopik özellikleri onun çok çeşitli amaçlar için kullanılabilmesini sağlamıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra lifli bir yapıya sahip oluşu mühendislik kullanımlarda yüksek mukavemet göstermesine ve esnek oluşuna yol açmıştır. Ayrıca izolasyon özelliği açısından çoğu zaman tercih edilme sebebi olmuştur [1].

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, kentleşme ve gelişen teknoloji ile birlikte, ekonomik, sosyal ve kültürel gelişimlere bağlı olarak orman ürünleri tüketimi de giderek artmakta ve mevcut ahşap hammaddesi endüstrinin ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dünyada endüstriyel gelişmeye bağlı olarak ağaç malzeme kullanımının artması ahşap hammaddesi temininde güçlükler oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak, ahşabı en ekonomik şekilde değerlendirerek rasyonel kullanımını sağlamak gerekmektedir [2].

Üstün direnç özellikleri, işlenme kolaylığı, işlenme maliyetinin düşük olması ve estetik oluşu nedeniyle ahşap gerek yapı malzemesi olarak, gerekse mobilya üretimi ve binaların iç döşemelerinde dekoratif amaçlarla uzun yıllardan beri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. [3]. Bir kısım kullanım yerlerinde masif ahşap yerine değerlendirilebilecek çelik, plastik ve beton gibi alternatif malzemeler olmasına rağmen, her zaman doğal bir mühendislik malzemesi olarak ahşabın bu malzemelere karşı üstünlüğü günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Ancak orman kaynaklarının gün geçtikçe azalması nedeniyle, ahşap işleyen endüstriler için uygun özelliklerde ve yeterli miktarda hammadde temininde sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu nedenle, hammadde olarak ahşabın ve bundan üretilen ağaç malzemelerin korunması yanında, masif ahşap yerine küçük boyutlu ahşap örneklerinden ya da ahşap kaplamalardan üretilen yapı malzemelerinin kullanımı artmıştır [4].

Tabakalı ağaç malzemeler, iki ya da daha fazla katın tutkallanarak ve katların lif yönleri birbirine paralel ya da dik gelecek şekilde birleştirilmesi ile elde edilir. Eğer, üretilen malzeme kavisli ise katların lif yönlerinin paralel olarak uygulanması zorunluluğu vardır. Tabakalı ağaç malzemeler, farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir [5]. Tabakalı ağaç malzeme yönteminde, kısa boylu ve dar enli ağaç malzemenin daha uzun ve geniş ağaç malzeme üretilmektedir. Ayrıca, ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak (budak, çatlak, kurt yeniği, sulama vb) kullanılmasına imkân sağlanmasından dolayı, üretilen ahşap ürünün kalite özellikleri daha iyi olmaktadır. Küçük boyutlu ağaç malzemenin kullanılmasından dolayı ağaç malzemedeki fire oranı azalmakta bu da mamul ürünün maliyeti üzerinde etkili olmaktadır [6].

Tabakalı ağaç malzemelerin üretiminde kullanılan ahşap materyallerin yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri malzemelerin yapışma direnci ve diğer mekanik direnç özellikleri üzerinde etkilidir [7].

Bu çalışmanın amacı; tabaka oryantasyonunun üretilen farklı tabakalı ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaca ulaşmak için, dört farklı tipte tabakalı ağaç malzeme üç ağaç türü ve tek tutkal türü kullanılarak üretilmiştir ve yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda levhalar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışmada kullanılan soymalık tomruklar, Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı işletme müdürlüklerinden temin edilmiştir. Ağaç türleri olarak, tabakalı ağaç malzeme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan türler seçilmiştir. İğne yapraklı ağaç türlerinden; Sarıçam (*Pinus silvestris*) ve Doğu Ladini (*Picea Orientalis*) seçilmiştir. Ayrıca Melez Kavak (*Populus deltoides* I-77/51 klonu) tomruklarda yapraklı ağaç türü olarak çalışmada kullanılmıştır. Soyma kaplama üretiminde kullanılacak tomruklar seçilirken en az 35 cm çapında, silindirik formda, lifleri düzgün, budak, çürük ve renk bozukluğunun bulunmadığı, reaksiyon odunu ihtiva etmeyen tomruklar tercih edilmiştir.

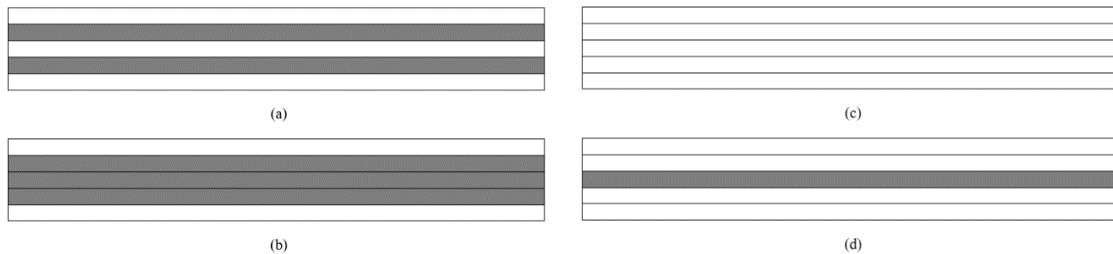
Çalışma kapsamında araştırılan teknolojik özelliklerin, tüm deneme levhalarında mümkün olduğunca homojenlik göstermesini sağlamak amacıyla, levha üretiminde kullanılacak olan kaplamalar her ağaç türü için tek bir ağaçtan elde edilmiştir. Sarıçam ve ladin tomruklar, soyma işlemi öncesinde 12-16 saat arasında uygun sürelerde buharlama işlemine tabi tutulmuş olup, kavak kesimden sonra taze halde soyulmuştur.

Kaplama üretimi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kontrplak Pilot tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 80 cm. uzunluk ve 40 cm. çapa kadar soyma yapabilen kaplama soyma makinesi kullanılmıştır. Soyma işlemi sırasındaki yatay açıklık kaplama kalınlığının %85'i, dikey açıklık 0,5 mm olarak ayarlanarak, 2 mm kalınlığında 50 cm x 50 cm ebatlarında kaplama levhaları elde edilmiştir. Üretilen soyma kaplamalar; kaplama kurutma makinesinde, endüstriyel koşullarda yaygın olarak kullanılmakta olan 110 °C sıcaklığında 5 dakika kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan ÜF tutkal reçetesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Levhalarının üretiminde kullanılan tutkalın reçetesi (Prescription of glue used in the production of panels)

Tutkal Karışımını Oluşturan Maddeler	Birim Ağırlık
%65'lik ÜF reçenesi	100
Buğday Unu	30
NH ₄ Cl (%15' lik)	10

Kaplama levhalarının tutkalanmasında 4 silindirik tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 gr/m² olacak şekilde tutkal çözeltisi sürülmüştür. Tutkallanan soyma kaplamalar 4 farklı tabaka oryantasyonu kullanılarak 5 tabakalı olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan levha taslakları Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. (a) 5 tabakalı kontrplak, (b) Orta tabakaları paralel yapıştırılmış 5 tabakalı kontrplak (Q-Kontrplak), (c) 5 tabakalı LVL, (d) 5 tabakalı KERTO Q-LVL, Koyu renkli tabakalar liflere dik olarak yerleştirilmiştir ((a) 5-layer plywood, (b) 5-layer plywood with middle layers bonded in parallel (Q-Plywood), (c) 5-layer LVL, (d) 5-layer KERTO Q-LVL, The dark colored layers were placed perpendicular to the fibers)

5 tabakalı levhaların preslenmesi; laboratuvar tipi, presleme alanı 70x89 cm. olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı bir hidrolik preste yapılmıştır. Pres sıcaklığı, 110 °C olarak belirlenmiştir. Pres basıncı her ağaç türü için 8 kg/m² olarak seçilmiştir. Presleme süresi, endüstride yaygın olarak kullanılan hesap yöntemine göre; levha kalınlığı esas alınarak her bir mm. kalınlık için yaklaşık 1 dakika olmak üzere 2 mm' lik kaplamalardan 5 tabakalı olarak üretilen levhalar için 10 dakika olarak hesaplanmıştır. Presleme işleminden sonra üretilen tabakalı ağaç malzemeler, iç ve dış tabakalar arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek amacıyla üst üste ve istif latası kullanılmaksızın istiflenmiştir. Bu şekilde üretilen kontrplak levhalarının tedrici olarak soğumaları sağlanarak biçim değiştirmeleri önlenmeye çalışılmıştır.

Üretilen levhaların özgül ağırlıkları TS EN 323-1 [8], çekme makaslama direnci TS EN 314-1 [9], eğilme direnci ve elastikiyet modülü ise TS EN 310 [10] standartlarına göre belirlenmiştir. Çalışma kapsamında farklı ağaç türlerinden üretilen tabakalı ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisini ortaya koymak için basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi ile elde edilen farkların anlamlı bulunması durumunda, Student Newman-Keuls testi uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir. İstatistik analizlerin gerçekleştirilmesinde, SPSS 16 for Windows istatistik paket programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR (FINDINGS)

Üretilen levhalara ait özgül ağırlık, çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri ve basit varyans analizi sonucunda oluşan homojenlik grupları Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Üretilen levhalara bazı teknolojik özelliklerine ait ortalamalar ve homojenlik grupları (P < 0.05)* (Average means and homogeneity groups of some technological properties of produced panels)

Ağaç Türü	Levha Türü	Özgül Ağırlık (g/cm ³)		Çekme-Makaslama Direnci (N/mm ²)		Eğilme Direnci (N/mm ²)		Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	
		n	X	n	X	n	X	n	X
Sarıçam	Kontrplak	20	0.584 a	20	1.86 c	8	71.40 b	8	9062 b
	Q-Kontrplak	20	0.611 b	20	0.79 a	8	57.80 a	8	7077 a
	LVL	20	0.629 c	20	4.96 d	8	101.1 d	8	13412 c
	Q-LVL	20	0.578 a	20	1.62 b	8	85.51 c	8	9530 b
Ladin	Kontrplak	20	0.490 b	20	1.76 c	8	51.02 b	8	5754 b
	Q-Kontrplak	20	0.479 b	20	0.72 a	8	38.59 a	8	4969 a
	LVL	20	0.458 a	20	4.34 d	8	63.49 c	8	7512 d
	Q-LVL	20	0.527 c	20	1.12 b	8	67.45 c	8	6453 c
Kavak	Kontrplak	20	0.545 a	20	2.02 c	8	62.63 b	8	7507 a
	Q-Kontrplak	20	0.545 a	20	0.96 a	8	54.14 a	8	7597 a
	LVL	20	0.507 a	20	4.67 d	8	95.57 d	8	10993 c
	Q-LVL	20	0.532 a	20	1.31 b	8	82.58 c	8	9787 b

n: Örnek sayısı X: Aritmetik ortalama

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Tabaka oryantasyonunun levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri sarıçam için 0,578 - 0,629 gr/cm³; ladin için 0,458 - 0,527 gr/cm³; kavak için 0,507 - 0,545 gr/cm³ arasında bulunmuştur. Tüm tabaka

oryantasyonları için sarıçamdan üretilmiş grupların en yüksek özgül ağırlık değerlerini verdiği görülmüştür. Genel olarak ladin ve kavaktan üretilmiş levha grupları daha düşük özgül ağırlık değerleri vermiştir. Lamine malzemelerin yoğunluğunu öncelikle üretiminde kullanılan ağaç türü belirler. Ayrıca tutkal karışım çözeltisi (dolgu ve katkı maddelerinin tür ve miktarı) ile kaplama kalınlığının ve pres basıncının da etkisi vardır. Pres basıncı ile tutkal türü ve karışımının etkisi odun türünün etkisine göre daha azdır [11, 12]. Araştırmada kullanılan sarıçam odununun $0,496 \text{ g/cm}^3$ [13], kavak odununun $0,372 \text{ g/cm}^3$ [11] ve ladin odununun $0,406 \text{ g/cm}^3$ [14] tam kuru yoğunluğa sahip olduğu ifade edilmektedir. Buna göre, yoğunluğu kavak ve ladine göre daha fazla olan sarıçamdan yapılan levhaların yoğunluğunun diğerlerinden yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. Sarıçamdan üretilen levhalarda en yüksek özgül ağırlık değeri, LVL levhalarda; en düşük değerler ise kontrplak ve Q-LVL levhalarda bulunmuştur. Ladin de ise levhalarda en yüksek özgül ağırlık değeri, Q-LVL levhalarda; en düşük değerler ise LVL levhalarda bulunmuştur. Kavakta istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler tüm ağaç türleri için LVL levhalarında bulunurken, en düşük değerler ise Q-Kontrplak levhalarında bulunmuştur. LVL levhalarının diğer levhalara göre daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri vermesinin sebebi, kullanılan yapıştırıcının LVL levhalarının düzgün lifli lamelleri arasında odunun kohezyon kuvvetini arttırmasından kaynaklanabilir [15]. Bal [12] tarafından yapılan bir çalışmada kavaktan üretilen LVL levhalarında çekme-makaslama direnci değerleri ÜF için $2,3 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında ÜF tutkalı kullanılarak kavaktan üretilen LVL levhaları literatürdeki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Çalışma sonucunda elde edilen levhaların yapışma direnci değerleri Q-Kontrplak dışında, TS EN 314-1 [9] ve DIN 68705-3 [16] standartlarında belirtilen 1 N/mm^2 değerinin üzerinde bulunmuştur. Dolayısıyla üretilen levhaların standart değerlere uygun yapışma direnci sonuçları ortaya koyduğu görülmektedir.

Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler genellikle LVL levhalarında bulunurken, en düşük değerler ise Q-Kontrplak levhalarında bulunmuştur. Yapışma direncindeki artışın diğer mekanik özellikleri de iyileştirdiği ifadesi dikkate alındığında; daha iyi çekme-makaslama direnci değerleri vermiş LVL levhalarının eğilme direncinin daha yüksek olması beklenebilir. Uygun bir şekilde tutkallanmamış ve iyi bir yapışma sağlanmamış levhaların düşük eğilme direnci göstereceği belirtilmektedir [13]. Üretilen levhalara ait eğilme direnci değerleri DIN 68705-3 [16] standardına göre, tüm gruplar yapısal amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci alt sınır değeri olarak belirlenen 40 N/mm^2 değerini sağlamıştır. TS 4645 EN 636 [17] standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen F30 (45 N/mm^2), F40 (60 N/mm^2), F50 (75 N/mm^2) sınıfları için verilen alt değerlerin karşılandığı görülmektedir.

Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler genellikle LVL levhalarında bulunurken, en düşük değerler ise Q-Kontrplak levhalarında bulunmuştur. Halligan ve Schiewind [18] çalışmasında da, eğilmede elastikiyet modülündeki değişimin levhanın eğilme direncindeki değişimlere orantılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Elde edilen değerlerin, DIN 68705-3 [16] standardına göre, yapısal amaçlı kullanılacak 6-12 mm arası kalınlıklardaki kontrplaklar için elastikiyet modülü alt sınır değeri olarak belirlenen 5000 N/mm^2 değerini genel olarak sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca tüm gruplara ait levhaların TS 4645 EN 636 [18] standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen E60 (6000 N/mm^2), E70 (7000 N/mm^2), E40 (4000 N/mm^2) ve E50 (5000 N/mm^2) standart şartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Öztürk R.B., ve Arıoğlu N., (2006). Türk Sarıçamından Lamine Ahşap Kirişlerin Mekanik Özellikleri, *İTÜ dergisi, mimarlık, planlama, tasarım*, 5(2), 25-36.
- [2]. Çakıroğlu, E. O., (2012). Huş'un Kayın'a Alternatif Olarak Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [3]. Çolak, S., Çolakoğlu, G. ve As, N., (2002). Ağaç Malzemenin Yanması ve Yangında Diğer Yapı Elemanlarıyla Karşılaştırılması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(1), 15-26.
- [4]. Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G. ve Çolak, S., (2002). Ahşap Sanayinde Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin/Üre Formaldehit (MÜF) yapıştırıcılarının Kullanımı, *Mobilya Dekorasyon*, 47, 130-138.
- [5]. Şenay, A., (1996). Lamine Edilmiş Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) Mekanik ve Fiziksel Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6]. Perçin, O., Özbay, G., ve Ordu, M., (2009). Farklı Tutkallarla Lamine Edilmiş Ahşap Malzemelerin Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19, 109-120.
- [7]. Keskin, H., ve Togay, A., (2003). Doğu Kayını ve Kara Kavak Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2(A), 101-114.
- [8]. TS EN 323-1, (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [9]. TS EN 314-1, (1998). Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [10]. TS EN 310, (1998). Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, 1. Baskı, TSE Ankara.
- [11]. Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., ve Çolak S., (2002). Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 5(3), 257-265.
- [12]. Bal, B., C., (2011). Okaliptüs (*Eucalyptus grandis*) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Lamine Ağaç Malzeme Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [13]. Demirkır, C., (2012). Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [14]. Berkel, A., (1970). Ağaç Malzeme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fak., Yayın No:1448, 1. Cilt, İstanbul.
- [15]. Dalli, G., (2005). Türkiye'de Kaplama Tabakalı Kereste (LVL) Üretim İmkanlarının Araştırılması ve Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16]. DIN 68705-3, (2003). Yapı Kontrplakları, Alman Standartlar Enstitüsü, Verlag.
- [17]. TS 4645 EN 636, (2005). Kontrplak – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [18]. Halligan, A. F., Schiewind, A. P. (1974). Prediction of Particleboard Mechanical Properties at Varios Moisture Content, *Wood Science Technology*, 8, 68-78.